



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes

México

Hernández Díaz, Reyes
Modelado y Control de un Propulsor para un Vehículo Submarino
Conciencia Tecnológica, núm. 16, abril, 2001, pp. 25-28
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94401606>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

MODELADO Y CONTROL DE UN PROPULSOR PARA UN VEHÍCULO SUBMARINO

Reyes Hernández Díaz¹

Depto. De Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
Av. López Mateos 1801 Ote. Esq. Av. Tecnológico
Aguascalientes, Ágs. C.P. 20256
e-mail: rhern004@correu.udg.es
Tel.: +(4) 9-10-50-02 ext. 102, Fax: +(4) 9-70-04-23

Resumen

El control automático de vehículos submarinos representa un problema de diseño difícil debido a la naturaleza de la dinámica del sistema a ser controlado. En este régimen, las no linealidades relativas al comportamiento de la dinámica del propulsor pueden ser muy importantes y sobretodo influir en el comportamiento del sistema en una manera fundamentalmente diferente de la mayoría de no linealidades hidrodinámicas e inerciales. En el presente artículo se muestra el modelado y control de un propulsor de un vehículo submarino. La dinámica de vehículos submarinos puede ser dominada por la dinámica de los propulsores, particularmente a baja velocidad o flotando. A menos que la compensación para esta dinámica esté incluida en el sistema de control. Una forma de compensación fue probada utilizando una simulación híbrida la cual combina un propulsor instrumentado con un modelo matemático del vehículo en tiempo real. Esta forma es la de Lead Compensation la cual probó dar buenos resultados para diferentes valores de consigna.

PALABRAS CLAVE: Control, Lead Compensation, Modelado, vehículo submarino.

Introducción

El control automático de vehículos submarinos representa un problema de diseño difícil debido a la naturaleza de la dinámica del sistema a ser controlado. El buen control de un vehículo a baja velocidad es también un importante problema de diseño, el cual debe ser resuelto para permitir operaciones importantes como ataque automático y control combinado del vehículo-manipulador. En este régimen, las no linealidades relativas al comportamiento de la dinámica del propulsor pueden ser muy importantes y sobretodo influir en el comportamiento del sistema en una manera fundamentalmente diferente de la mayoría de no linealidades hidrodinámicas e inerciales [1].

La mayoría de los vehículos submarinos de tamaño pequeño a mediano se impulsan con motores eléctricos manejando hélices montadas en conductos. Algunos de estos vehículos utilizan engranajes de reducción entre el motor y la hélice, pero el manejo directo es lo más común. En virtualmente todos los casos, la hélice es montada en un conducto el cual incrementa la eficiencia estática y dinámica del propulsor.

¹ Alumno del doctorado en Informática Industrial/Tecnologías Avanzadas de Producción de la Universitat de Girona, España

Es bien sabido que los propulsores son sujetos a serias degradaciones debido a los efectos axiales y de flujo cruzado. Los efectos axiales pueden ser razonablemente aproximados por el modelo del propulsor solo, la velocidad del fluido entrando al conducto del propulsor efectivamente cambia el ángulo de ataque de la hélice, alterando así la fuerza producida. Los efectos de flujo cruzado son mucho más difíciles de modelar y se ha mostrado experimentalmente que son altamente dependientes de la posición del propulsor en el vehículo [1].

Modelo del propulsor.

Para el propulsor se tomó en cuenta las ecuaciones del modelo de [2].

Un propulsor típico consiste de un conducto estático y

- El flujo de fluido a la entrada del propulsor y en el escape es paralelo, unidimensional, y a presión ambiental. Los efectos del flujo de rotación son ignorados.
- Los efectos de la gravedad son insignificantes.
- El propulsor es completamente simétrico con respecto a la dirección del flujo.

De acuerdo a [1], el modelo del propulsor fue verificado físicamente. Los valores identificados fueron:

$$C_t = 0.022 \text{ N s}^2$$

$$\beta/\alpha = 1.0 \cdot 10^3 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$\alpha = 0.037$$

$$\beta = 42 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

El modelo del propulsor en Simulink queda de la manera como se muestra en la figura 1.

De la ecuación del vehículo submarino [2] se obtiene

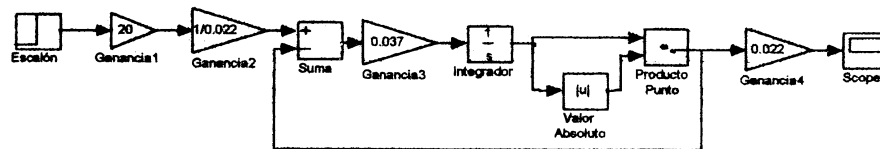


Figura 1. Diagrama del propulsor en Simulink

una hélice manejada por la fuerza de un par de torsión (τ) a una velocidad angular (Ω). El conducto del propulsor tiene un área (A) y encierra un volumen (V). El fluido ambiental tiene una densidad (ρ) y un rango de flujo volumétrico con el propulsor (Q). El modelo desarrollado es simplificado por las siguientes suposiciones [1]:

- La energía almacenada es debida solamente a la energía cinética del fluido en el conducto.
- La energía cinética del fluido ambiental externo es insignificante.
- Las pérdidas de fricción son insignificantes.
- El fluido ambiental es incompresible.

el modelo del propulsor y del vehículo submarino mencionado. Para la implantación del modelo en Simulink se utilizó la ecuación resultante de la aceleración en función de las diferentes variables que forman parte del modelo. Obtenida la aceleración, se puede calcular la velocidad y la posición. El modelo completo en Simulink queda de la manera como se muestra en la figura 2.

Utilización de un controlador PID.

La utilización de un controlador PID generalmente presenta buenos resultados al aplicarlo a sistemas

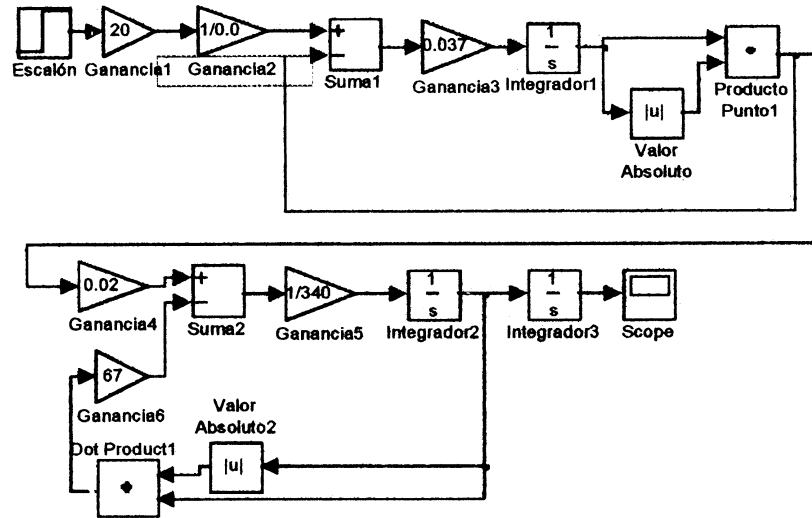


Figura 2. Diagrama del modelo completo del propulsor y del vehículo submarino en Simulink

lineales y no lineales. Para el caso que se presenta, se ha de realizar el control para dos sistemas altamente no lineales [1]: el propulsor y el vehículo submarino.

Se incorporó al sistema un controlador PID y se analizó su comportamiento bajo diferentes consignas y bajo diferentes señales de entrada. Dentro de los resultados obtenidos los que se consideran más importantes son los que se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

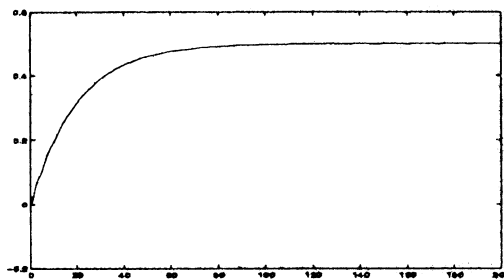


Figura 3. Respuesta a un escalón con valor de 0.5 m.

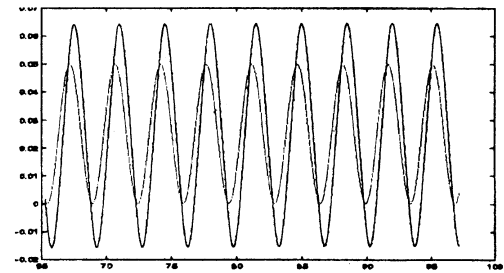


Figura 4. Respuesta a una señal senoidal.

Utilización de otra técnica de control.

De acuerdo a Yoerger, Cooke y Slotine [1], varias estructuras de controladores fueron investigadas para superar los efectos de desatender la dinámica del propulsor. La estructura que se reporta como la que ha dado buenos resultados es la de Lead Compensation. Así, se tratará de implementar esta estructura con el modelo del propulsor y del vehículo submarino. Dada la semejanza de la dinámica no lineal del propulsor a un sistema de primer orden, es sensible compensar con una lead network. Si el propulsor se comporta actualmente como un sistema lineal de primer orden, un cero puede ser colocado a la frecuencia del polo del

propulsor y un polo complementario colocado a una frecuencia más alta donde debería no interferir con el controlador.

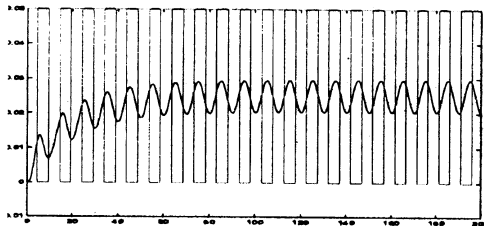


Figura 5. Respuesta a una señal cuadrada.

Para analizar los resultados de esta estructura de controlador, se realizaron las mismas pruebas que las realizadas anteriormente. Los resultados se muestran en las figuras 6 y 7.

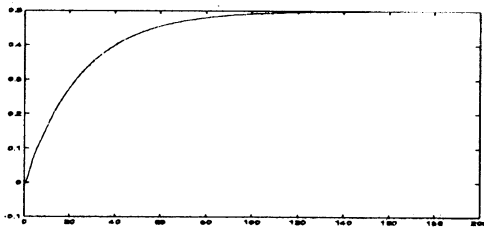


Figura 6. Respuesta a un escalón con valor de 0.5 m.

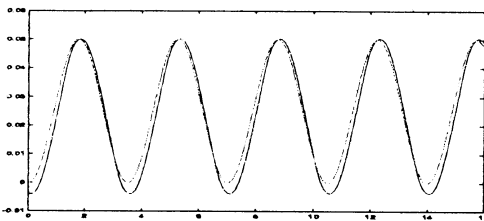


Figura 7. Respuesta a una señal senoidal.

Conclusiones

La dinámica de vehículos submarinos puede ser dominada por la dinámica de los propulsores, particularmente a baja velocidad o flotando. A menos que la compensación para esta dinámica esté incluida en el sistema de control.

Un modelo de un propulsor controlado por un par de torsión muestra que la dinámica es no lineal. El propulsor representa un filtro bastante lento, aunque la velocidad de respuesta se incrementa con la magnitud de la entrada del propulsor.

Una forma de compensación fue probada utilizando una simulación híbrida la cual combina un propulsor instrumentado con un modelo matemático del vehículo en tiempo real. Esta forma es la de Lead Compensation el cual probó dar buenos resultados para diferentes valores de consigna.

Referencias

- [1] D. R. Yoerger, J. G. Cooke, J-J. E. Slotine. (1990) *The influence of thrusters dynamics on underwater vehicle behavior and their incorporation into control system design*. IEEE Journal of Oceanic Engineering. Vol. 15 No. 3. July 1990.
- [2] J. Battle, P. Ridao. (1998) *Mathematical model of an underwater robotic vehicle*. Reporte interno. Universitat de Girona, España.